

DIE

WIRKUNGEN DER AUGENMUSKELN

UND DIE

ERSCHEINUNGEN BEI LÄHMUNGEN

DERSELBEN.

BEWEGLICHES SCHEMA ZUR ABLEITUNG DER LAGEN DER DOPPELBILDER

FÜR DEN

UNTERRICHT UND DAS SELBSTSTUDIUM

ZUSAMMENGESTELLT

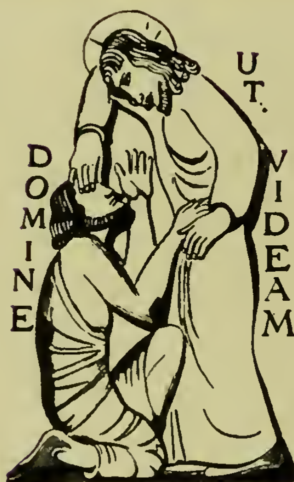
VON

DR. OSKAR ZOTH.



LEIPZIG UND WIEN
FRANZ DEUTICKE
1897

Verlags-Nr. 15


DOMINE
UT. VIDEAM



DIE

WIRKUNGEN DER AUGENMUSKELN

UND DIE

ERSCHEINUNGEN BEI LÄHMUNGEN

DERSELBEN.



DIE

WIRKUNGEN DER AUGENMUSKELN

UND DIE

ERSCHEINUNGEN BEI LÄHMUNGEN

DERSELBEN.

BEWEGLICHES SCHEMA ZUR ABLEITUNG DER LAGEN DER DOPPELBILDER

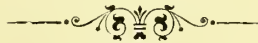
FÜR DEN

UNTERRICHT UND DAS SELBSTSTUDIUM

ZUSAMMENGESTELLT

VON

DR. OSKAR ZOTH.



LEIPZIG UND WIEN
FRANZ DEUTICKE
1897.

Verlags-Nr. 525.

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.



Vorwort.

Das vorliegende Schema zur Ableitung der Doppelbilder bei Augenmuskellähmungen soll einerseits zum ersten Studium der vielgestaltigen Erscheinungen dienen, die an das meist mangelhaft erzogene räumliche Vorstellungsvermögen der Mediciner gewöhnlich Anforderungen stellen, welchen ohne mechanische Hilfsmittel nicht leicht genügt werden kann; andererseits wird sich vielleicht auch der Fachmann nicht ungern manchmal eines handgreiflichen Mittels bedienen, um die in irgend einem complicirteren Falle vorliegenden Verhältnisse zu studiren. Endlich kann das Schema auch zu Demonstrations- und Lehrzwecken Verwendung finden, wie dies mit einem fünffach vergrösserten Modelle am Grazer physiologischen Institute seit sechs Jahren geschieht.

Das Schema ist auf Grundlage der sogenannten „Identitätslehre" entworfen, auf welcher Albrecht v. Graefe die Diagnostik der Diplopien aufgebaut hat und die sich für alle schematischen Ableitungen als vollkommen zureichend und verständlich erweist. Trotz der nothwendigen Verallgemeinerungen, willkürlichen und beiläufigen Annahmen beim Gebrauche des Schemas stimmen die erhaltenen Ergebnisse ziemlich genau mit den wirklich beobachteten Erscheinungen überein.

Graz, im September 1896.

Oskar Zoth.

I. Die Bewegungen des Augapfels.

Der Augapfel führt seine Drehbewegungen um einen Punkt aus, der im normalsichtigen Auge im Mittel 13·56 *mm*, im kurzsichtigen bis 15·86 *mm* und im übersichtigen Auge bis 12·32 *mm* hinter dem Scheitel der Hornhaut liegt (Donders und Doijer). Drehpunkt

Die grösste Excursion beträgt in horizontaler Richtung etwa 100°, in der verticalen etwa 90° (Helmholtz). Excursionen.

Bei der natürlichen Stellung des Kopfes in aufrechter Körperhaltung, wenn die Blicke nach dem fernen Horizonte gerichtet sind (Normal-, Ausgangs- oder Ruhestellung der Augen, entsprechend dem geringsten Innervationsgrade der Augenmuskeln, nach Donders), liegt die Stirnglatze (Glabella des Stirnbeines) senkrecht über den Schneidezähnen des Oberkiefers. In dieser Stellung kann man sich durch den Kopf oder einen seiner Theile (Augapfel) drei aufeinander senkrechte ebene Schnitte gelegt denken: einen verticalen von vorne nach hinten: Sagittalschnitt, einen verticalen von rechts nach links: Frontalschnitt, und einen horizontalen: Horizontalschnitt (Henle). Ausgangsstellung. Schnitte.

Die Durchschnittslinien dreier solcher aufeinander senkrechter Ebenen, die sich in einem Punkte schneiden, bilden ein rechtwinkliges Coordinatenaxensystem mit einer transversalen (xx', Fig. 1), einer sagittalen (yy') und einer verticalen (zz') Axe. Axen.

Die Durchschnittslinien dreier solcher Ebenen, die sich im Drehpunkte des Augapfels schneiden, mit der Wand des Augapfels stellen dessen verticalen (*vm* Fig. 1) und horizontalen (*hm*) Meridian und den Aequator (*vh*) des Augapfels (Frontalschnitt) dar, die in Fig. 1 in Viertelumfang eingezeichnet erscheinen. Die Durchschnittspunkte des Meridiane Aequator.

verticalen und horizontalen Meridianes an der Hornhaut und an der Netzhaut werden als Hornhaut- und als Netzhautpol des Augapfels bezeichnet.

Pole.

Ein in der Symmetrieebene des Kopfes geführter Sagittalschnitt wird als Medianebene, ihm zugewendetes als medial, von ihm abgewendetes als lateral bezeichnet. Bewegungen der Hornhaut gegen die Medianebene hin werden auch als Adduction, von derselben weg als

Seitenbezeichnung.

Fig. 1.

Abduction bezeichnet. Der durch entsprechende Bewegungen der Augen („Blicken") zur Fixation gelangte äussere Punkt wird als Blickpunkt, die durch ihn zum Drehpunkte jedes Auges gezogene Gerade als Blicklinie bezeichnet. Die geringe mediale Abweichung dieser von der Gesichtslinie, die dem ungebrochenen Lichtstrahle entspricht, ist in den meisten Fällen zu vernachlässigen (Helmholtz).

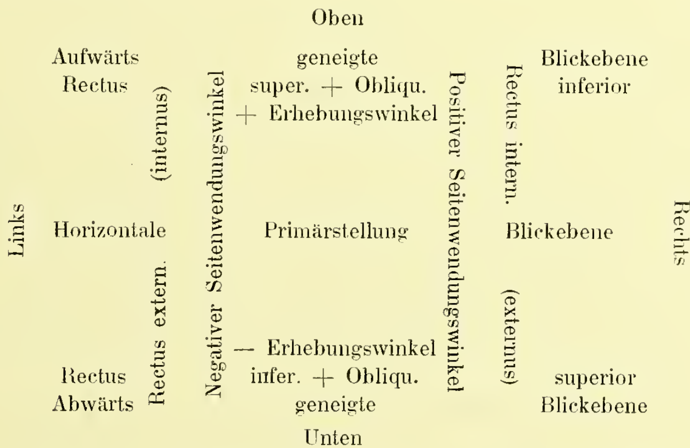
Blickbezeichnungen.

Eine durch beide Blicklinien gelegte Ebene wird als Blickebene bezeichnet. Bei der oben angenommenen Stellung des Kopfes und der Augen liegt dieselbe horizontal. Aus dieser Lage kann sie beim Aufwärts-

und Abwärtsblicken in neue Lagen übergehen, die gegen die Horizontalebene geneigt sind. Der von zwei verschiedenen Lagen der Blickebene eingeschlossene Winkel wird als Erhebungswinkel des Blickes bezeichnet und bei Aufwärtsbewegung positiv, bei Abwärtsbewegung der Blickebene negativ gerechnet.

Als Seitenwendungen des Blickes werden die Bewegungen der Blicklinien in derselben Blickebene bezeichnet. Der von zwei verschiedenen Lagen der Blicklinien in einer Blickebene eingeschlossene Winkel wird als Seitenwendungswinkel des Blickes bezeichnet und bei Wendungen nach rechts positiv, nach links negativ gerechnet. Blickrichtungen

Im nachstehenden, für die Augen des Lesers entworfenen Schema sind die besprochenen Bezeichnungen übersichtlich zusammengestellt und zugleich die Namen der Muskeln eingetragen, die die betreffende Blickrichtung herstellen (vgl. S. 15).



Allgemein lassen sich also neun Blickrichtungen unterscheiden, und zwar:

Aufwärts { nach links / geradeaus / nach rechts.

Horizontal { nach links / geradeaus / nach rechts.

Abwärts { nach links / geradeaus / nach rechts.

Durch den Erhebungs- und Seitenwendungswinkel gegen eine bestimmte Ausgangslage ist die Richtung der Blicklinie gegeben. Die Stellung des Augapfels ist aber damit noch nicht vollkommen bestimmt, da derselbe noch Drehungen um die Blicklinie als Axe ausführen kann, die als Raddrehungen bezeichnet werden. Die Grösse der Raddrehung wird durch den Winkel zwischen einer bestimmten fixen Ebene und der Blickebene ausgedrückt. Als solche Ebene wird nach Helmholtz der Netzhauthorizont gewählt; es ist das die bei der eingangs angenommenen Kopf- und Augenstellung mit der Blickebene zusammenfallende Durchschnittsebene des Augapfels. Der Raddrehungswinkel wird positiv gerechnet, wenn das obere Ende des verticalen Meridianes nach rechts abweicht, umgekehrt negativ. Die Raddrehung ist in bestimmter Weise durch die Erhebung und Seitenwendung des Blickes bedingt (s. unten).

Raddrehung.

Primärstellung.

Als Primärstellung des Augapfels und der Blicklinie wird diejenige Stellung bezeichnet, aus welcher der Blick ohne Raddrehung in der Sagittal- und Horizontalebene gewendet werden kann. Diese Augenstellung entspricht nahe, aber nicht vollkommen der S. 1 definirten Ausgangsstellung: gewöhnlich weicht die Blickebene etwas nach unten von der Ausgangsstellung ab. Bezüglich des Zusammenhanges der Raddrehungen mit Erhebung und Seitenwendung der Blicklinien sind folgende Gesetze festgestellt worden, die zunächst für parallele Blicklinien (ferne Blickpunkte) gelten. Für convergente Blicklinien (nahe Blickpunkte) treten kleine Abweichungen ein.

Gesetze der Augenbewegungen.

1. Gesetz von Donders. Der Raddrehungswinkel jedes Auges ist bei parallelen Blicklinien einer Function nur von dem Erhebungs- und Seitenwendungswinkel (Helmholtz).

Die Beziehung des Raddrehungswinkels γ zum Erhebungswinkel α und Seitenwendungswinkel β ist durch die Gleichung ausgedrückt:

$$- \tang \gamma = \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\cos \alpha + \cos \beta}.$$

2. Bei Erhebung der Blicklinie nach oben links und bei Senkung derselben nach unten rechts ist der verticale Meridian gegen den Horizont nach links geneigt.

3. Bei Erhebung der Blicklinie nach oben rechts und bei Senkung derselben nach unten links ist der verticale Meridian gegen den Horizont nach rechts geneigt.

4. Gesetz von Listing. Wenn die Blicklinie aus ihrer Primärstellung in irgend eine andere Stellung übergeführt wird, so ist die Raddrehung des Augapfels in dieser zweiten Stellung eine solche, als wäre er um eine feste Axe gedreht worden, die zur ersten und zweiten Richtung der Blicklinie senkrecht steht.

Jeder Muskel wird den Augapfel um eine Axe drehen müssen, die auf einer durch den Ursprungs- und den Ansatzpunkt des Muskels und den Drehpunkt des Auges gelegten Ebene im Drehpunkte senkrecht steht. Diese Ebene wird als Muskelebene bezeichnet; für den M. obliquus superior muss sie anstatt durch den Ursprungspunkt durch die Trochlea gelegt werden. Drehungsaxen.

Die Richtungen der sechs Drehungsaxen, um welche der Augapfel von den sechs Augenmuskeln bewegt wird, fallen genau genommen weder mit einer der Axen des im Drehpunkte des Augapfels errichteten rechtwinkligen Coordinatenaxensystemes zusammen, noch bilden sie untereinander rechte Winkel; auch die Lage jeder der sechs Axen im Raume ist von der der anderen verschieden.

Unter Berücksichtigung des Umstandes jedoch, dass bei der Contraction eines jeden Muskels stets auch die elastische und tonische Spannung seines Hauptantagonisten mitbestimmend für die Drehrichtung ist, lassen sich diese sechs Axen mit hinreichender Annäherung auf drei reduciren, um welche der Augapfel von je zwei einander in der Hauptwirkung antagonistischen Muskeln gedreht wird. Diese drei Muskelpaare und die zugehörigen Axen sind:

1. Paar. Rectus externus und Rectus internus. Die Drehungsaxe fällt annähernd mit der verticalen Axe des Augapfels zz' zusammen. (Senkrecht in Z, Fig. 2).

2. Paar. Rectus superior und Rectus inferior. Die Drehungsaxe fällt annähernd in die Horizontalebene und bildet mit dem medialen Theile der transversalen Axe xx' einen Winkel von 27° nach vorne (RR', Fig. 2).

3. Paar. Obliquus superior und Obliquus inferior. Die Drehungsaxe fällt annähernd in die Horizontalebene und bildet mit dem vorderen

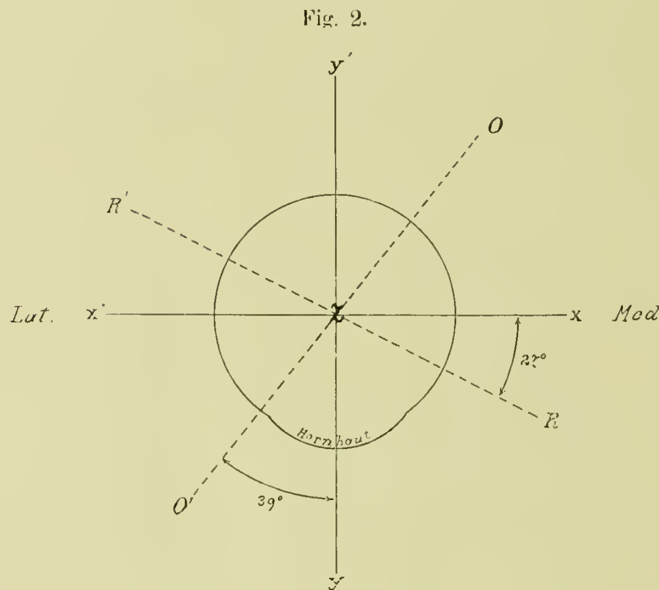
Theile der sagittalen Axe yy' einen Winkel von 39° lateralwärts. (OO', Fig. 2.)

Die von den drei Axen eingeschlossenen Winkel sind also:

ZZ' mit RR' und OO' je 90°
RR' mit OO' 78° (beziehungsweise 102°).

Die Lage der beiden horizontalen Axen im Horizontalschnitte des Augapfels ist in Fig. 2 verzeichnet.

Fig. 2.



Wirkungen der Augenmuskeln.

Die Wirkungen der Augenmuskeln lassen sich übersichtlicher als auf diese drei Axen auf die drei Axen des Fick'schen Coordinatensystemes bezogen darstellen, wie dies in Tafel I des vorliegenden Schemas ausgeführt ist. In demselben erscheinen die Zugkräfte der Muskeln in je drei Componenten zerlegt, die den Augapfel um die transversale (Erhebung und Senkung des Blickes), verticale (Adduction und Abduction) und sagittale Axe (Raddrehung) bewegen. Diese Componenten sind für den Hornhaut- und Netzhautpol, sowie für den verticalen Meridian (Raddrehung) durch die langen (Hauptcomponenten) und kurzen Pfeile (Nebencomponenten) des Schemas in ihrer Richtung und starken oder schwachen Intensität ausgedrückt. Die Componenten der vier geraden Muskeln sind

schwarz, die der zwei schiefen roth gezeichnet. Die Raddrehung um die sagittale Axe ist durch die bogenförmigen Pfeile am oberen Abschnitte des verticalen Meridianes der Hornhaut und Netzhaut dargestellt. Diese Drehung allein ist für Hornhaut- und Netzhautpol gleichsinnig, die anderen Drehrichtungen sind ersichtlich für diese beiden Punkte entgegengesetzt. An beiden Tafeln des Schemas sind die Augen des Lesers oder einer neben ihm in gleicher Richtung stehend gedachten Person als Grundlage der Bezeichnungen angenommen.

Die im Schema eingezeichneten Drehrichtungen, je eine für den Rectus externus und internus, je drei für die übrigen vier Muskeln sind in folgender Uebersicht zusammengestellt:

Es drehen	den Hornhautpol	den verticalen Meridian oben	den Netzhautpol
M. rect. ext.	lateral	—	medial
M. rect. int.	medial	—	lateral
M. rect. sup.	aufwärts und etwas medial	etwas medial	abwärts und etwas lateral
M. rect. inf.	abwärts und etwas medial	etwas lateral	aufwärts und etwas lateral
M. obliqu. sup.	etwas abwärts und lateral	medial	etwas aufwärts und medial
M. obliqu. inf.	etwas aufwärts und lateral	lateral	etwas abwärts und medial

Hieraus, wie aus einem Blicke auf das Schema ergibt sich, dass einzelne Muskelpaare für die einen Drehrichtungen als Antagonisten, für andere als Synergisten wirksam werden können. So wirken in Bezug auf den Hornhautpol: Synergismus und Antagonismus.

	Als Antagonisten bei	Als Synergisten bei
Musc. rectus superior und inferior	Sagittaldrehung Raddrehung	Adduction
Musc. obliquus superior und inferior	Raddrehung Sagittaldrehung	Abduction

Weiter ist noch in Betracht zu ziehen, dass die Grössen der Componenten in den drei Drehrichtungen mit den Veränderungen der Augapfelstellung selbst wachsen und abnehmen können. Die Componenten des M. rectus superior und inferior für die Sagittaldrehung (Haupt- Wechselnde Grösse der Componenten.

componente) sind in der Abductionsstellung, für die Raddrehung in der Adductionsstellung am grössten, da sich im ersten Falle die transversale, im zweiten die sagittale Axe des Augapfels der Drehungsaxe dieses Muskelpaares (RR', Fig. 2) nähert. Die Componenten des M. obliquus superior und inferior für die Raddrehung (Hauptcomponente) sind in der Abductionsstellung, für die Sagittaldrehung in der Adductionsstellung am grössten, da sich im ersten Falle die sagittale, im zweiten die transversale Axe des Augapfels der Drehungsaxe dieses Muskels (OO', Fig. 2) nähert.

Im Schema Tafel I ist die Richtung der Augenstellungen (Abduction oder Adduction), bei denen die sagittalen und Raddrehungscomponenten ihre grössten Werthe erreichen, durch die kleinen andersfarbigen Pfeilspitzen (für die Netzhaut entsprechend verkehrt gerichtet) in den Schäften der grossen Pfeile angedeutet. Dieser Einfluss der Abductions- und Adductionsstellung auf die Wirkungsgrösse der sagittalen und Raddrehungscomponenten darf jedoch nicht überschätzt werden: in Folge des breiten fächerförmigen Ansatzes der Muskeln am Augapfel werden bei der Adduction mehr die lateralen, bei der Abduction mehr die medialen Faserpartien gespannt, und somit wird die Zugrichtung eines Muskels, also auch die Lage seiner Drehungsaxe und die Grösse seiner auf ein rechtwinkliges Coordinatensystem bezogenen Componenten bei mässigen Excursionen noch wenig verändert werden (Helmholtz).

Betheiligung der Muskeln an der Herstellung der Blickrichtungen.

Es erübrigt nun noch, die Betheiligung der Augenmuskeln an der Herstellung der verschiedenen Blickrichtungen festzustellen. Dieselbe ergibt sich aus dem Schema Tafel I. wie folgt:

1. Horizontale Blickebene.

a) Blickrichtung lateral: Rect. externus. Bei extremer Anstrengung die beiden Obliqui, deren andere Componenten sich das Gleichgewicht halten, mitwirkend.

b) Blickrichtung medial: Rect. internus. Bei extremer Anstrengung Rect. superior und inferior, deren andere Componenten sich das Gleichgewicht halten, mitwirkend.

2. Erhobene Blickebene.

a) Blickrichtung geradeaus: Rect. sup. und Obl. inf., wobei sich deren horizontale und Raddrehungscomponenten das Gleichgewicht halten.

b) Blickrichtung lateral: Rect. sup. und Obl. inf. mit Rect. ext., wobei die Raddrehungscomponente des Obliquus wegen der Abductionsstellung überwiegt, daher das obere Ende des verticalen Meridians lateral geneigt ist.

c) Blickrichtung medial: Rect. sup. und Obl. inf. mit Rect. internus, wobei die Raddrehungscomponente des Rect. sup. wegen der Adductionsstellung überwiegt, daher das obere Ende des verticalen Meridians medial geneigt wird.

3. Gesenkte Blickebene.

a) Blickrichtung geradeaus: Rect. inf. und Obl. sup., wobei sich deren horizontale und Raddrehungscomponenten das Gleichgewicht halten.

b) Blickrichtung lateral: Rect. inf. und Obl. sup. mit Rect. ext., wobei die Raddrehungscomponente des Obliquus wegen der Abductionsstellung überwiegt, daher das obere Ende des verticalen Meridians medial geneigt wird.

c) Blickrichtung medial: Rect. inf. und Obl. sup. mit Rect. internus, wobei die Raddrehungscomponente des Rect. inf. wegen der Adductionsstellung überwiegt, daher das obere Ende des verticalen Meridians lateral geneigt wird.

Die an der Herstellung der einzelnen Blickrichtungen betheiligten Muskeln sind in die Uebersicht S. 9 an den entsprechenden Stellen eingetragen.

II. Bedingungen des Einfachsehens.

Correspondirende Punkte

Damit ein äusseres Object, das in beiden Augen abgebildet wird, einfach gesehen werde, müssen seine Bilder auf correspondirende Punkte beider Netzhäute fallen. Als solche können für normale Augen alle diejenigen Paare von Punkten bezeichnet werden, die von der Mitte beider Netzhäute in der gleichen Richtung gleich weit entfernt sind (J. Müller). Stellt man sich vor, dass in der Primärstellung beider Augäpfel (S. 10) die eine Netzhaut parallel zu sich selbst und zur zweiten so fortbewegt wird, dass sie schliesslich auf die zweite Netzhaut zu liegen kommt, so sind alle sich nun deckenden Punktpaare beider Netzhäute correspondirende Punkte (Deckpunkte, Helmholtz).

Es decken sich dabei die Netzhautcentren, die verticalen und horizontalen Meridiane, die rechten, die linken oberen, die rechten, die linken unteren Quadranten. In den correspondirenden Quadranten in derselben Richtung gleich weit vom Netzhautcentrum abstehende Punkte sind correspondirende Punkte.

Deckpunkte im Gesichtsfelde.

Den correspondirenden Netzhautstellen entsprechen correspondirende Stellen in den beiden Sehfeldern, die im gemeinsamen Gesichtsfelde zur Deckung kommen.

So sind correspondirende Punkte der beiden Sehfelder normaler Augen:

1. Die Blickpunkte;

2. in den Netzhauthorizonten vom Blickpunkte in der gleichen Richtung gleich weit abstehende Punkte;

3. in den verticalen Meridianen vom Blickpunkte in der gleichen Richtung gleich weit abstehende Punkte;

4. in den Quadranten solche Punkte, welche gleich grosse und gleich gerichtete Abstände vom horizontalen und verticalen Meridiane haben (Volkmann).

Hierzu ist allerdings zu bemerken, dass genau genommen nicht die wirklichen verticalen Meridiane Decklinien sind, sondern die scheinbar verticalen Meridiane der Sehfelder, welche dem Augenmasse rechtwinklig zum Netzhauthorizonte erscheinen. Diese Linien convergiren bei normalsichtigen — weniger bei kurzsichtigen — Augen nach unten unter einem Winkel von etwa $2^1/_2{}^0$ (Dastich, Volkmann u. a.).

Verkehrte Projection ins Gesichtsfeld.

Nach dem Gesetze der verkehrten Projection der Netzhautbilder ins Gesichtsfeld entsprechen sich für das normale Augenpaar:

Auf den Netzhäuten		Im Gesichtsfelde
Netzhautcentrum		Blickpunkt
oben	Verticaler Meridian	unten
unten		oben
rechts	Horizontaler Meridian	links
links		rechts
	Quadranten	
oben links	A	unten rechts
oben rechts	B	unten links
unten rechts	C	oben links
unten links	D	oben rechts.

Die einander entsprechenden Quadranten der Netzhäute und des Gesichtsfeldes sind in Tafel II des Schemas mit den gleichen Buchstaben bezeichnet.

III. Entstehung der Doppelbilder bei Lähmungen von Augenmuskeln.

Normales Einfach-sehen.

Bei Fixation eines Objectes werden durch das normale Zusammenspiel der Augenmuskeln die beiden Augäpfel sowohl in der Primärstellung als auch in allen anderen Blick- und Convergenzrichtungen stets so eingestellt, dass die Bilder des fixirten Objectes in correspondirenden Lagen zu den horizontalen und verticalen Meridianen auf den beiden Netzhautcentren entworfen werden: die fixirten Objecte werden daher einfach gesehen. Ausser dem fixirten Objecte wird noch ein bestimmter Complex von Punkten des äusseren Raumes einfach gesehen, deren Bilder auch gleichzeitig auf correspondirende Netzhautstellen fallen (Horopter).

Diese Einstellung der Augäpfel, beziehungsweise das normale Zusammenspiel der Augenmuskeln, ist eine Function des jeweiligen Spannungszustandes der sechs Muskeln, welcher wieder eine Resultirende ist

der elastischen Spannung.

der tonischen Spannung,

des besonderen Contractionszustandes.

Elastische Spannung.

1. Unter der elastischen Spannung eines Muskels soll der Spannungszustand verstanden sein, welcher verbleibt. wenn man sich allen Nerveneinfluss aufgehoben oder den Muskelnerven durchschnitten denkt. Normalerweise sind alle Muskeln über ihre elastische Ruhelage gespannt, und die Spannungen der Augenmuskeln halten sich in der Ausgangsstellung (Ruhestellung des Auges) das Gleichgewicht. Ueberwiegt die Stärke der elastischen Spannung irgend eines der Muskeln, so tritt *typisches Schielen* auf.



2. Die tonische Spannung gesellt sich zu dieser rein mechanischen Spannung als ein Zustand leichter Erregung des Muskels, so lange dieser durch seinen leitungsfähigen Nerven mit dem Centralorgane zusammenhängt. Ist dieser Zusammenhang für einen Augenmuskel unterbrochen, für seinen Antagonisten aber erhalten, so tritt bei sonst normalen elastischen Spannungsverhältnissen mehr minder deutliche Schielstellung des betroffenen Auges schon bei Ausgangs- und Primärstellung des nicht betroffenen Auges ein: Folge davon ist das Auftreten von Doppelbildern in dieser Stellung. Durch den mangelnden Gegenzug, besonders auch bei wirklichen Contractionen, können sich endlich in den Antagonisten gelähmter Muskeln secundäre Contracturen ausbilden, die das Bild der Lähmung weiter compliciren. Tonische Spannung.

3. Der besondere Contractionszustand, in dem sich die Augenmuskeln beider Augen jeweilig befinden, ist die normale Ursache der coordinirten Einstellung der Augen in den von der Ausgangsstellung verschiedenen Blick- und Convergenzrichtungen. Es ist jedoch gerade bei den ausserordentlich feinen Einstellbewegungen der Augen wohl auch die Mitwirkung antagonistischer Componenten beim Zustandekommen von bestimmten coordinirten Bewegungen in höherem Grade als anderswo zu berücksichtigen. Ferner muss hier an das schon normalerweise leichtere Zustandekommen der Convergenzstellungen bei gesenkten Blickrichtungen erinnert werden, das sich in entsprechenden pathologischen Fällen in zunehmender Convergenz der Blicklinien bei Senkung der Blickebene äussert. Contractionszustand

Hierauf deutet in Tafel I des Schemas die kleine Pfeilspitze in der Mitte des die Zugrichtung des Rectus internus darstellenden Pfeiles.

Wenn in einem Muskel oder dessen Nerven Herabsetzung der Erregbarkeit (Parese) von den leichtesten Graden bis zur vollständigen Unerregbarkeit (Leitungsunfähigkeit, Lähmung, Paralyse) eintritt, so ist die Folge davon ein Mangel oder Ausfall der Beweglichkeit des betroffenen Augapfels vor allem im Bewegungsgebiete des erkrankten Muskels: in diesem Theile des Blickgebietes wird daher die Coordination mit den Fixationsbewegungen des nicht betroffenen Auges mangelhaft sein, und es müssen Doppelbilder auftreten, da die in beiden Augen in der gleichen Richtung entworfenen Bilder eines mit dem nicht betroffenen Auge fixirten Objectes nicht mehr auf correspondirende Netzhautstellen Parese und Paralyse. Diplopie.

fallen. Ist bei Parese eines oder mehrerer Muskeln in gewissen Blickrichtungen noch mehr minder angestrengte Fixation des betroffenen Auges möglich, so gelangt dabei in Folge der ebenso stark angestrengten coordinirten Bewegung das nicht betroffene Auge in Abweichungsstellung: diese Secundärabweichung des gesunden Auges bei Fixation des paretischen kranken Auges ist grösser als die primäre Abweichung des kranken Auges bei Fixation des gesunden. Die Lage der Doppelbilder in den verschiedenen Blickrichtungen bei Fixation des kranken oder des gesunden Auges ist durch den Ausfall an Beweglichkeit (und Tonus) der betroffenen Muskeln bestimmt. Dieser Ausfall, und damit der Grad des Doppeltsehens, kann aber in verschiedenen Graden von Paresen sehr verschieden gross sein und erreicht sein Maximum bei der vollständigen Paralyse eines oder mehrerer Muskeln oder Nervenäste.

Secundärabweichung.

Lage der Doppelbilder.

Benennung.

Die Lage der Doppelbilder im Gesichtsfelde wird als gleichseitig oder gleichnamig bezeichnet, wenn vom erkrankten Beobachter das Bild des rechten Auges auch rechts von dem des linken Auges ins Gesichtsfeld projicirt wird, hingegen als gekreuzt oder ungleichnamig, wenn das Bild des rechten Auges links von dem des linken Auges projicirt erscheint. Im Allgemeinen gelten für das Doppeltsehen (Diplopie) bei Augenmuskellähmungen folgende Sätze:

Allgemeine Sätze.

1. Die Diplopie ist desto stärker, je mehr die Thätigkeit des paretischen oder paralytischen Muskels für die betreffende Blickrichtung beansprucht würde.

2. Die scheinbare Distanz der Doppelbilder im Gesichtsfelde nimmt daher zu, wenn das Fixationsobject nach der Seite der Zugrichtung des gelähmten Muskels bewegt wird.

3. Das Bild des betroffenen Auges wird in der Zugrichtung des gelähmten Muskels (oder der resultirenden Zugrichtung der gelähmten Muskelgruppe) projicirt, also nach oben, unten, medial, lateral im Gesichtsfelde, wenn der gelähmte Muskel durch seine Wirkung den Hornhautpol nach oben, unten, medial, lateral gewendet hätte; mit einer Neigung nach rechts oder links gegen die Verticale, wenn der gelähmte Muskel den verticalen Meridian der Hornhaut nach rechts oder links geneigt hätte.

IV. Gebrauch des Schemas.

Das bewegliche Schema Tafel II soll dazu dienen, die besondere Lage der Doppelbilder bei Lähmungen von Augenmuskeln für die verschiedenen Blickrichtungen an der Hand der Tafel I und der vorstehenden Erläuterungen abzuleiten und darzustellen. Tafel II.

L und *R* sollen Kugelabschnitte der linken und der rechten Netzhaut des Lesers, oder einer neben ihm in gleicher Richtung blickenden Person, mit dem verticalen und horizontalen Meridiane und den correspondirenden Quadranten *a, b, c, d* vorstellen. Diese „Netzhautfelder" werden hinter den kreisförmigen Ausschnitten des Vorderblattes der Tafel mittelst der seitlich hervorragenden Fortsätze entsprechend den aus dem normalen oder gestörten Zusammenspiele der Augenmuskeln resultirenden Augenstellungen verschoben. Die kreisförmigen Ausschnitte mögen als Orientirungsfenster betrachtet werden, die in einer dem Leser zugewendeten ebenen Fläche hinter den beiden Augäpfeln so angebracht sind, dass sich bei der Primärstellung die Netzhautpole mit den Mittelpunkten und der verticale und horizontale Meridian einer Netzhaut mit dem verticalen und horizontalen Durchmesser des kreisförmigen Ausschnittes decken. Netzhautfelder.

Die Lagen, welche die Netzhaut bei den verschiedenen Blickrichtungen zu einem solchen Fenster einnimmt, wenn das normale Spiel der Augenmuskeln erhalten ist, sind nach den S. 10 u. 11 angeführten Gesetzen leicht zu ermitteln und in Figur 3 übersichtlich zusammengestellt. Lagen der Netzhaut in den 9 Blickrichtungen.

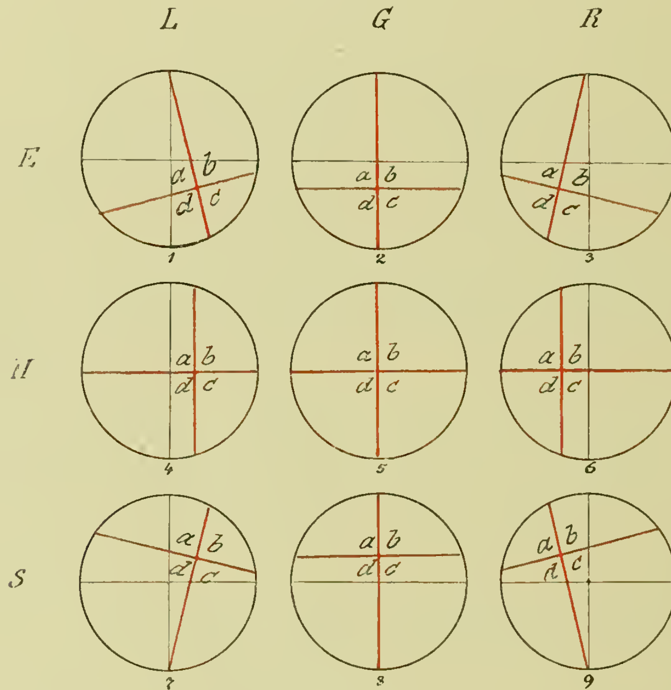
Die Grösse der Verschiebungen, die man mit den Netzhautfeldern vornimmt, möge je nach der abgeschätzten Stärke der für einen be- Grad der Verschiebung.

stimmten Fall wirksamen Kräfte etwa zwischen 5 und 25 *mm* (5 bis 20 Winkelgraden) gewählt werden.

Gesichtsfeld.

Das „Gesichtsfeld" überschriebene Feld der Tafel II stellt einen Theil des gemeinsamen Gesichtsfeldes der beiden Netzhäute *L* und *R* mit den entsprechenden, verkehrt nach aussen projicirten Meridianen und Quadranten *A*, *B*, *C*, *D* dar.

Fig. 3.



Bildstäbchen.

Congruente Lage der Bilder.

Die beigegebenen *kleinen* blauen und gelben Cartonstäbchen sollen nun dazu dienen, die Lagen der in den beiden Augen entworfenen Bilder eines äusseren Objectes zu fixiren, wobei leicht einzusehen ist, dass bei jeder beliebigen correspondirenden oder nicht correspondirenden Stellung der beiden Augen vor den kreisförmigen Orientirungsfenstern *die beiden Bilder stets an congruenten Stellen dieser Fenster entworfen werden müssen.*

Vereinfachende Annahmen.

Es sollen nun der Einfachheit wegen für alle Ableitungen die Annahmen gemacht werden, dass wenigstens *ein* Auge fixirt, das heisst also, dass das Bild wenigstens in einem Auge im Netzhautcentrum, und

zwar in der Richtung des verticalen Netzhautmeridianes entworfen wird, dass also die Längsrichtung des stabförmigen Objectes in die Ebene des verticalen Meridianes dieses Auges fällt. Dieses Bild werde stets mit dem gelben Stäbchen bezeichnet. Seine Projection im Gesichtsfelde ist daher ein- für allemale eingezeichnet. Dies hindert natürlich nicht, das Schema gelegentlich auch für complicirte Ableitungen zu benützen, in denen von diesen vereinfachenden Voraussetzungen Umgang genommen und ein freibewegliches gelbes Stäbchen benützt wird.

Die blauen Stäbchen dienen dazu, die Lagen des Bildes und seiner Projection ins Gesichtsfeld für das zweite, bei Lähmungen mehr minder von der Fixationsstellung abweichende Auge zu bezeichnen. Die Lage des projicirten Bildes ergibt sich einfach durch verkehrte Projection des Netzhautbildes mit Rücksicht auf dessen Lage zum horizontalen und verticalen Meridiane (vgl. S. 17).

Weitere vereinfachende Annahmen

Das vorliegende Schema gestattet nun zwar die Ableitung der Lage der Doppelbilder für verschiedene angenommene Grade der Parese bis zur vollständigen Paralyse von einzelnen Muskeln und Muskelgruppen in verschiedenen Blickrichtungen und Convergenzgraden: es empfiehlt sich jedoch und wird in den weitaus meisten Fällen auch ausreichen, von einfachen Bedingungen auszugehen und die Ableitungen zunächst für Fälle vollständiger einseitiger Paralysen unter der Annahme eines entfernteren Fixationsobjectes vorzunehmen. Am einfachsten gestaltet sich die Ableitung der Lage der Doppelbilder unter diesen vereinfachenden Annahmen für die Primärstellung (des nicht betroffenen Auges), dann für die vier Blickrichtungen horizontal nach links und nach rechts, geradeaus nach aufwärts und nach abwärts. Schwieriger wird wegen der Rücksichtnahme auf die mit der Blickrichtung verbundenen Raddrehungen die Ableitung für die vier schiefen Blickrichtungen; endlich noch complicirter, wenn man die obigen vereinfachenden Annahmen der Reihe nach fallen lässt, also z. B. Convergenzstellungen, verschiedene Grade von Paresen, doppelseitige Affectionen zu berücksichtigen hat.

Man wird jedoch auch unter schwierigen Bedingungen zu annähernden Ergebnissen gelangen können, wenn man die Betheiligung der einzelnen Augenmuskeln an dem Zustandekommen der Blickrichtungen und die hierbei weiter in Betracht kommenden Punkte sorgfältig in Erwägung zieht, insbesondere:

Den theilweisen Synergismus und Antagonismus der einzelnen Muskelpaare (S. 13).

Die wechselnde Grösse bestimmter Componenten in Adductions- und Abductionsstellung (S. 14).

Die Förderung der Convergenzstellung bei gesenkten Blickrichtungen (S. 19).

Quantitativ genaue Ergebnisse in Bezug auf den relativen Abstand der Doppelbilder können natürlich nicht erwartet werden, da ja die Grade der einzelnen Muskelwirkungen, der Paresen, der Convergenz- und Abweichungsstellungen mehr minder willkürlich und beiläufig angenommen werden.

V. Beispiele.

1. Paralyse des linken M. rectus externus.

(N. abducens.) Fixation des rechten Auges. Ableitung der Lage der Doppelbilder für alle neun Blickrichtungen.

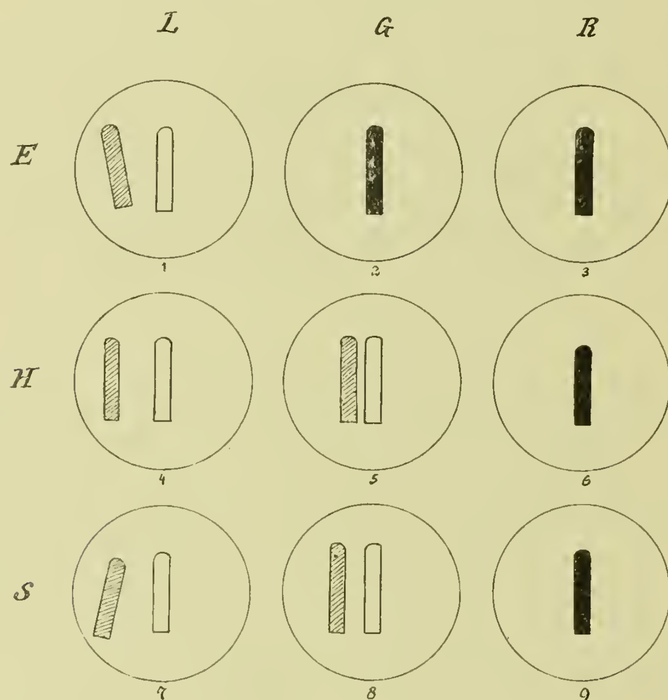
a) Horizontale Blickebene.

Die Spannung des Rectus internus überwiege von vorneherein in Folge des vorhandenen Tonus merklich über die des gelähmten R. externus. Es erscheint daher schon bei Primärstellung des rechten Auges die linke Hornhaut im Sinne der Zugrichtung des R. internus (sieh Tafel I) etwas medial, daher der Netzhautpol rein lateral abgewichen. (Auf Tafel II durch horizontale Verschiebung des linken Netzhautfeldes nach links auszuführen.) Das in der Mitte des Fensters, wie rechts (vgl. S. 22), entworfene Netzhautbild fällt daher rechts vom Netzhautcentrum in die Quadranten *b, c* (mit dem kleinen blauen Stäbchen zu bezeichnen) und wird somit links vom Bilde des rechten Auges in die entsprechenden Quadranten *B, C* des Gesichtsfeldes (Fig. 4, Nr. 5) nach aussen projicirt (mit dem grossen blauen Stäbchen auszuführen).

Bei der Blickrichtung nach links (vgl. Fig. 3, Nr. 4; auszuführen) wird das linke Auge wegen der fehlenden Wirkung des Rect. externus noch mehr gegen das rechte abweichen, die Distanz der Doppelbilder daher zunehmen (Fig. 4, Nr. 4). Hingegen wird bei der Blickrichtung nach rechts (vgl. Fig. 3, Nr. 6; auszuführen) die Stellung des rechten Auges der des linken umsomehr congruent, je extremer die Blickrichtung wird, so dass

schliesslich die Doppelbilder verschwinden (Fig. 4, Nr. 6). In der nachstehenden Figur sind die Lagen der Doppelbilder für die neun Blickrichtungen übereinstimmend mit Fig. 3 verzeichnet, und zwar entsprechen dem gelben Stäbchen des Schemas die weissen, dem blauen (Bild des betroffenen Auges) die schraffirten, der Deckung beider die schwarzen Bilder.

Fig. 4.



b) Blickrichtungen geradeaus nach aufwärts und abwärts.

Bei diesen beiden Blickrichtungen wird an den Verhältnissen, wie sie für die Primärstellung liegen, nur durch die Förderung der Convergenz (Rectus internus sinister) bei Senkung der Blickrichtung (vgl. S. 19) etwas geändert, indem das Ueberwiegen der Spannung des R. internus, bei erhobener Blickrichtung fast verschwindend, bei Senkung der Blickrichtung immer wirksamer wird (auszuführen). Es wird daher bei erhobener Blickrichtung mehr minder vollkommenes Einfachsehen

eintreten können (Fig. 4, Nr. 2), während bei Senkung des Blickes der Abstand der Doppelbilder immer grösser wird (Fig. 4, Nr. 5 und 8; am Schema auszuführen).

c) Die vier schiefen Blickrichtungen.

Aufwärts links. Dem rechten Netzhautfelde wird die Stellung Fig. 3, Nr. 1, gegeben. Das Bild falle ins Netzhautcentrum in die Richtung des (nun geneigten) verticalen Meridianes (mit dem gelben Stäbchen auszuführen). Die correspondirende Lage der linken Netzhaut würde durch die gemeinsame Wirkung von R. externus, R. superior und O. inferior hergestellt (vgl. S. 9 und 15). Da der R. superior gelähmt ist, bleibt der Netzhautpol lateral abgewichen; er weicht ferner nach unten ab, wie rechts, die Raddrehungscomponenten des R. superior und O. inferior halten sich in der vorhandenen Adductionsstellung annähernd das Gleichgewicht (s. Tafel I). Nachdem die sich hieraus ergebende Netzhautstellung, also Parallelverschiebung nach unten und links von der Mitte ohne wesentliche Raddrehung, hergestellt ist, wird das kleine blaue Stäbchen in congruenter Lage wie im rechten Fenster und das grosse blaue Stäbchen entsprechend verkehrt im Gesichtsfelde aufgelegt: man erhält ein etwas höher liegendes gleichnamiges Doppelbild, dessen unteres Ende gegen das Bild des rechten Auges geneigt ist (Fig 4, Nr. 1).

Aufwärts rechts. Dem rechten Netzhautfelde wird die Stellung Fig. 3, Nr. 3, gegeben und das Bild wie oben in der Richtung des verticalen Meridianes im Netzhautcentrum markirt. Die correspondirende Lage der linken Netzhaut wird durch die Muskeln Rectus internus, R. superior und O. inferior hergestellt (vgl. S. 9 und 15). Da schon bei der Blickrichtung aufwärts geradeaus (vgl. oben) die durch den R. internus bedingte Abweichung verschwinden kann, wird dies um so eher der Fall sein, je mehr der Augapfel aus dem Wirkungsgebiete des gelähmten R. externus und in das des ungelähmten R. internus kommt, wie das bei der Blickrichtung nach rechts oben der Fall ist: die Stellung der linken Netzhaut wird der der rechten congruent und es tritt Einfachsehen ein (Fig. 4, Nr. 3; auszuführen).

Abwärts links. Dem rechten Netzhautfelde wird die Stellung Fig. 3, Nr. 7, gegeben. Das Bild falle wieder ins Netzhautcentrum in die Richtung des (geneigten) verticalen Meridianes. Die correspondirende Lage der linken Netzhaut würde durch die gemeinsame Wirkung von R. externus, R. inferior und O. superior hergestellt. Da der R. externus gelähmt ist, bleibt der Netzhautpol lateral abgewichen, er weicht ferner nach oben ab, wie rechts, die Raddrehungscomponenten des R. inferior und O. superior halten sich in der vorhandenen Adductionsstellung annähernd das Gleichgewicht (sieh Tafel I). Nachdem die sich hieraus ergebende Netzhautstellung, also Parallelverschiebung nach oben und links von der Mitte ohne wesentliche Raddrehung, hergestellt ist, wird das kleine blaue Stäbchen in congruenter Lage wie im rechten Fenster und das grosse blaue Stäbchen entsprechend verkehrt im Gesichtsfelde aufgelegt; man erhält ein etwas tiefer liegendes gleichnamiges Doppelbild, dessen oberes Ende gegen das Bild des rechten Auges geneigt ist (Fig. 4, Nr. 7).

Abwärts rechts. Dem rechten Netzhautfelde wird die Stellung Fig. 3, Nr. 9 gegeben, und das Bild wird in der Richtung des verticalen Meridianes im Netzhautcentrum markirt. Die correspondirende Lage der linken Netzhaut wird durch die nicht gelähmten Muskeln R. internus, R. inferior und O. superior hergestellt (auszuführen); bei extremer Blickrichtung wird die Stellung der dem Bereiche des gelähmten Muskels entrückten Netzhaut der Stellung der rechten Netzhaut congruent werden und es tritt Einfachsehen ein (Fig. 4, Nr. 9).

2. Paralyse des unteren Oculomotoriusastes.

(M. rect. int., rect. inf. und obliqu. inf.), Fixation des linken Auges. Ableitung der Lage der Doppelbilder für die Primärstellung.

Die tonische Spannung der nicht gelähmten Muskeln Rectus superior, R. externus und O. superior sei merklich wirksam. Die Hornhaut erscheint daher (vgl. Tafel I) lateral und aufwärts, also der Netzhautpol medial und abwärts abgewichen, der verticale Meridian im Sinne des

Obliquus superior (Abductionsstellung!) nach links (negativ) geneigt (auszuführen).

Das inmitten des Fensters wie links entworfene Bild des rechten Auges (auszuführen) kommt daher in den Quadranten *b*, mit dem unteren Ende in *c* und gegen *d* hin geneigt zu liegen, also im Gesichtsfelde als gekreuztes, tiefer stehendes und mit dem oberen Ende gegen das Bild des rechten Auges geneigtes Doppelbild zur Erscheinung (mit dem grossen blauen Stäbchen auszuführen).

VI. Uebungsaufgaben.

Es wird sich empfehlen, zunächst die einfachen vollständigen Lähmungen einzelner Muskeln zu bearbeiten, und zwar unter der Annahme der einfachsten Bedingungen, wie oben (S. 23) ausgeführt, dabei von der Primärstellung auszugehen, dann die Blickrichtungen horizontal nach rechts und links, geradeaus nach aufwärts und abwärts und zum Schlusse die schiefen Blickrichtungen durchzunehmen. Mit Rücksicht auf die Einfachheit der Ableitungen sei folgende Reihenfolge vorgeschlagen:

Einfache Lähmungen.

1. M. rectus externus (N. abducens),
2. M. rectus internus,
3. M. rectus superior (Ram. sup. N. oculomotorii),
4. M. rectus inferior,
5. M. obliquus superior (N. trochlearis),
6. M. obliquus inferior.

Von den mathematisch möglichen 57 verschiedenen combinirten Lähmungen je zweier (15), dreier (20), vierer (15), fünfer (6) oder aller Muskeln ist zufolge der gegebenen anatomischen Verhältnisse nur eine kleinere Zahl praktisch bedeutender, aus welcher in der nachstehenden Uebersicht die der Nervenvertheilung in der Augenhöhle entsprechenden Combinationen (je drei von 2, 4 und 5, zwei von 3 und die eine aller 6 betroffenen Muskeln) zusammengestellt sind. Die den gelähmten Muskeln entsprechenden Felder der Tabelle sind schraffirt, so dass auch die jeweilig nicht gelähmten leicht ersichtlich sind.

Combinirte Lähmungen der Nerven:	Rectus externus	Rectus internus	Rectus superior	Rectus inferior	Obliquus superior	Obliquus inferior
Ram. sup. n. oculomot. u. N. trochlearis			▨		▨	
Ram. sup. n. oculomot. u. N. abducens	▨		▨			
N. trochlearis u. N. abducens	▨				▨	
Ram. infer. n. oculomotorii		▨		▨		▨
R. sup. n. oculomot., N. trochl. u. N. abducens	▨		▨		▨	
Nervus oculomotorius		▨	▨	▨		▨
Ram. inf. n. oculomot. u. N. trochlearis		▨		▨	▨	▨
Ram. inf. n. oculomot. u. N. abducens	▨	▨		▨		▨
N. oculomotorius u. N. trochlearis		▨	▨	▨	▨	▨
N. oculomotorius u. N. abducens	▨	▨	▨	▨		▨
R. inf. n. oculomot., N. trochl. u. N. abducens	▨	▨		▨	▨	▨
N. oculomot., N. trochl. u. N. abducens	▨	▨	▨	▨	▨	▨



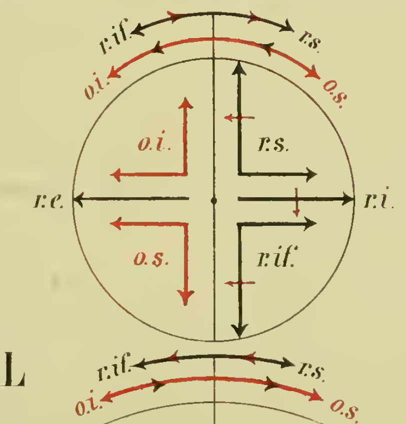
O. Zoth, Wirkungen und Lähmungen der Augenmuskeln. *Tafel I.*

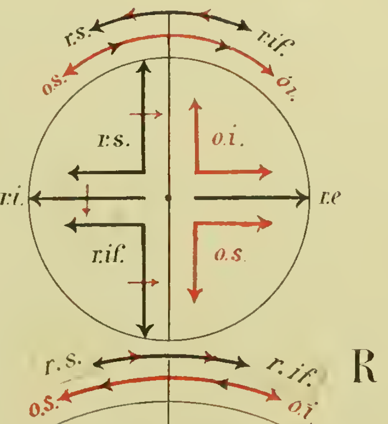
L

R

lateral

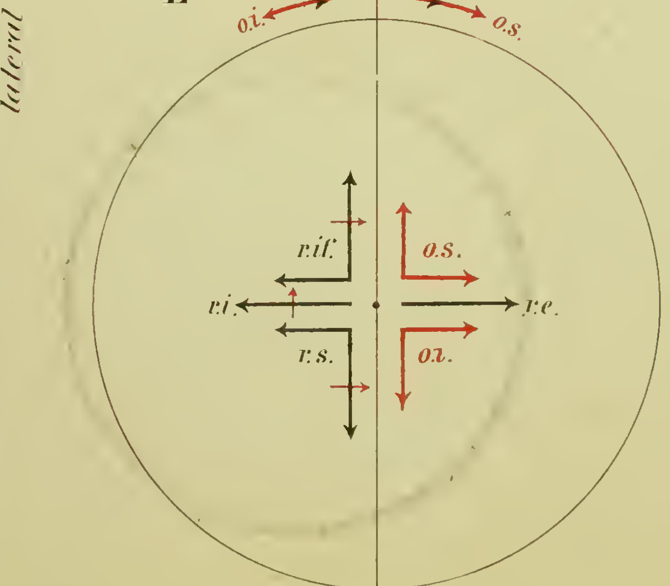
HORNHAUT

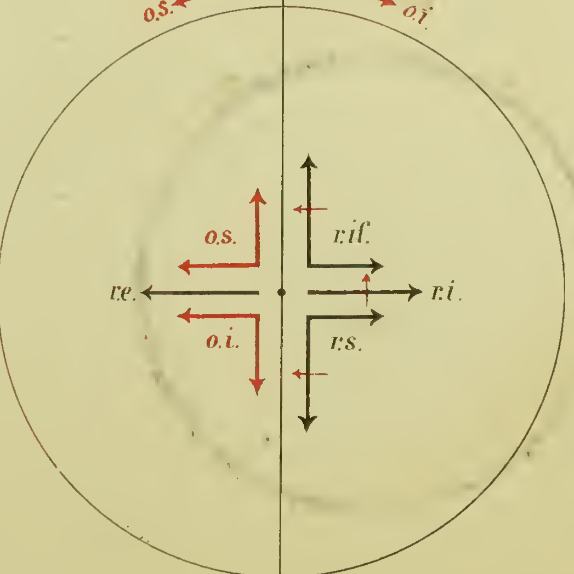




medial

NETZHAUT





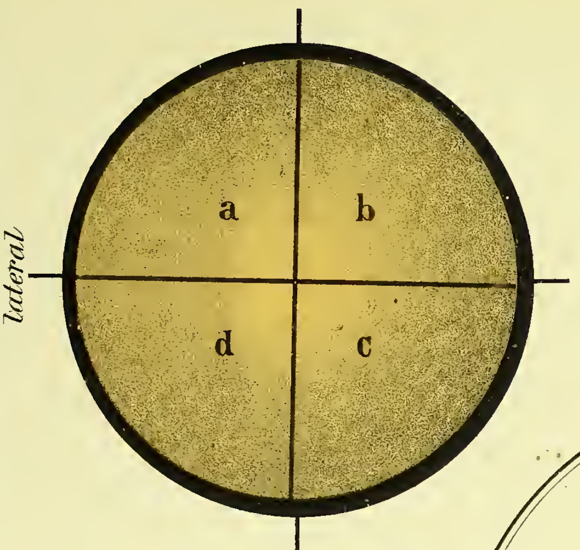
lateral

Verlag von Franz Deuticke in Wien und Leipzig.

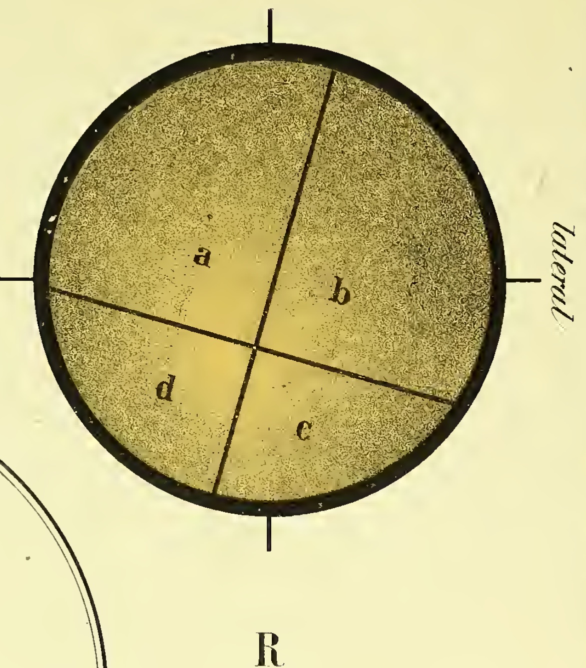
Lit. Th. Bannwarth Wien. VIII

O. Zoth, Wirkungen und Lähmungen der Augenmuskeln. Tafel II.

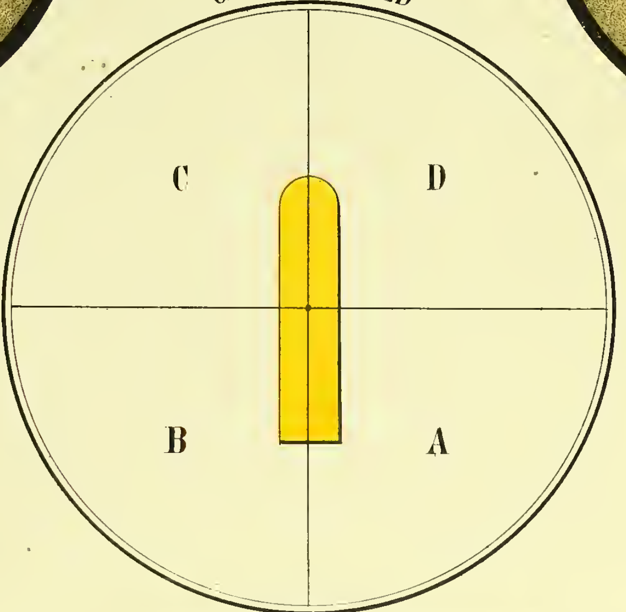
NETZHAUT

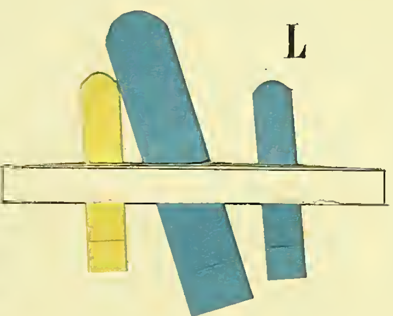


medial



GESICHTSFELD





L

R

Verlag von Franz Deuticke in Wien und Leipzig.

Lit. Th. Bannwarth Wien, VIII

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.